

**Aus dem Institut für Klinische Strahlenkunde der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Direktor: Professor Dr. med. L. D i e t h e l m**

**Untersuchungen zur Streudosis
bei der diagnostischen Anwendung
von Röntgenstrahlen**

Mustafa

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Hohen Medizinischen Fakultät der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz**

1963

**Aus dem Institut für Klinische Strahlenkunde der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Direktor: Professor Dr. med. L. D i e t h e l m**

Untersuchungen zur Streudosis bei der diagnostischen Anwendung von Röntgenstrahlen

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Hohen Medizinischen Fakultät der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz**



vorgelegt von
Daoud Mustafa, Lifta (Jordanien)

1962

Promotionstag 27. Mai 1963



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554405_0109

Referent:

Professor Dr. med. L. Diethelm

Prüfer:

Prof. Dr. Diethelm, Medizinische Strahlenkunde

Prof. Dr. Korting, Haut- und Geschlechtskrankheiten

Dekan Prof. Dr. Dr. Wagner, Gerichtsmedizin

Inhaltsverzeichnis

Einleitung

1. Vorbereitende Messungen

2. Meßanordnung

3. Meßergebnisse

4. Zusammenfassung

5. Literatur

Einleitung

In den letzten Jahren hat man verschiedentlich versucht, das Problem der Strahlenbelastung der Patienten durch die Anwendung ionisierender Strahlen in der Röntgendiagnostik durch die Konstruktion von Integraldosismeßgeräten zahlenmäßig zu erfassen. Ein Teil dieser Geräte wurde dabei unter der Voraussetzung entworfen, daß die zugestrahlte Energie bei den in der Röntgendiagnostik üblichen Spannungen fast vollständig im Körper des Patienten absorbiert wird, und daher eine Messung der zugestrahlten Energie gleichzeitig ein gutes Maß für die tatsächliche Belastung des Patienten darstellt.

Messungen ergaben, daß auf der Rückseite der Patienten nur etwa 10 Prozent der aufgestrahlten Energie wieder austraten. Nun hat Z i e l e r (12) durch Messungen an Phantomen festgestellt, daß unter bestimmten Bedingungen ein erheblicher Bruchteil der eingestrahlten Energie durch Streuung nach rückwärts und nach den Seiten hin den Körper des Patienten wieder verläßt und damit nicht zur Belastung beiträgt. Der Anteil absorbierten Energie sollte unter Umständen nur 20 Prozent der eingestrahlten Energie betragen.

Zweck der vorliegenden Arbeit war es, mit Hilfe eines Siemens Röntgen-Diagnostik-Apparates an einem Wasserphantom Streudosismessungen vorzunehmen, um hieraus Rückschlüsse auf den Anteil der Streustrahlung bzw. das Verhältnis von eingestrahelter und gestreuter Energie machen zu können.

1. Vorbereitende Messungen

Die Messung der Streustrahlung sollte mit Kondensatorkammern der Firma Physikalisch-Technische Werkstätten Dr. Pychlau KG., Freiburg, erfolgen.

Im Institut für klinische Strahlenkunde waren Meß- und Ladegeräte und eine Anzahl von Zylinder- und Kugelkammern vorhanden (s. Abb.).

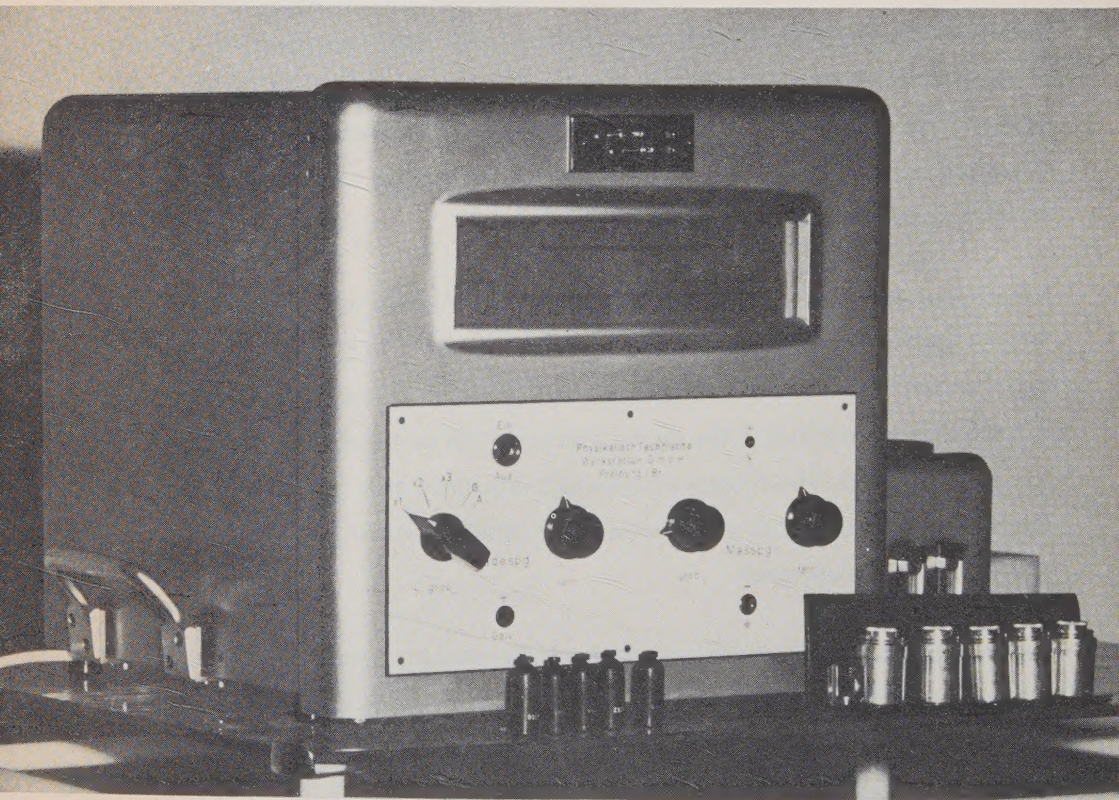


Abb. 1: Lade- und Meßgeräte mit Zylinderkammern

Das Meßprinzip dieser Kammern besteht darin, daß ein Kondensator aufgeladen und durch die einfallende Strahlung mehr oder weniger stark entladen wird. Das Maß der Entladung kann als Messung einer Dosis gelten, wenn man die Kammern entsprechend eicht.

Um die Brauchbarkeit der Kammern zu prüfen, wurden diese aufgeladen und der Ladungsverlust nach 1, 2 und 3 Tagen gemessen. Auf diese Weise wurden mehrere Kammern, deren Isolierung schadhaft war, ausgeschieden.

Die Abbildungen 2 und 3 zeigen die Ergebnisse der Messungen an den verwendeten Kammern. Da die Versuche jeweils nur 1–2 Stunden dauern sollten, konnten die Ladungsverluste bei den verwendeten Kammern unberücksichtigt bleiben.

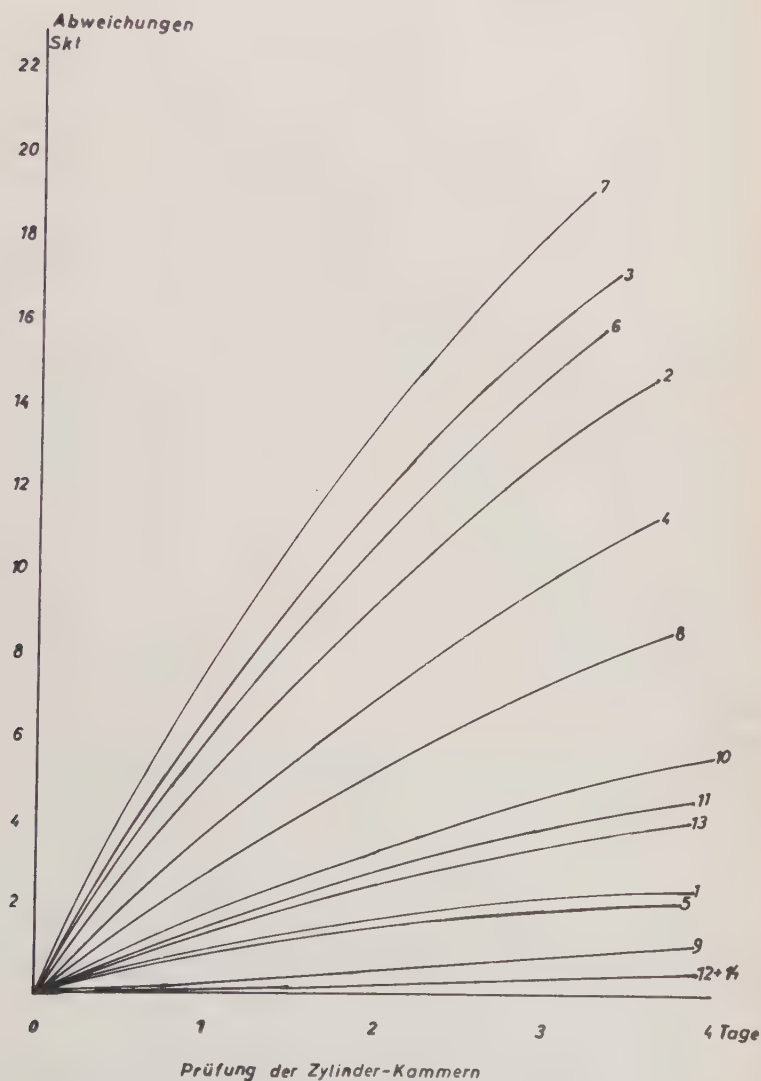


Abb. 2:

Ladungsverlust der verwendeten Zylinderkammern in Abhängigkeit von der Zeit

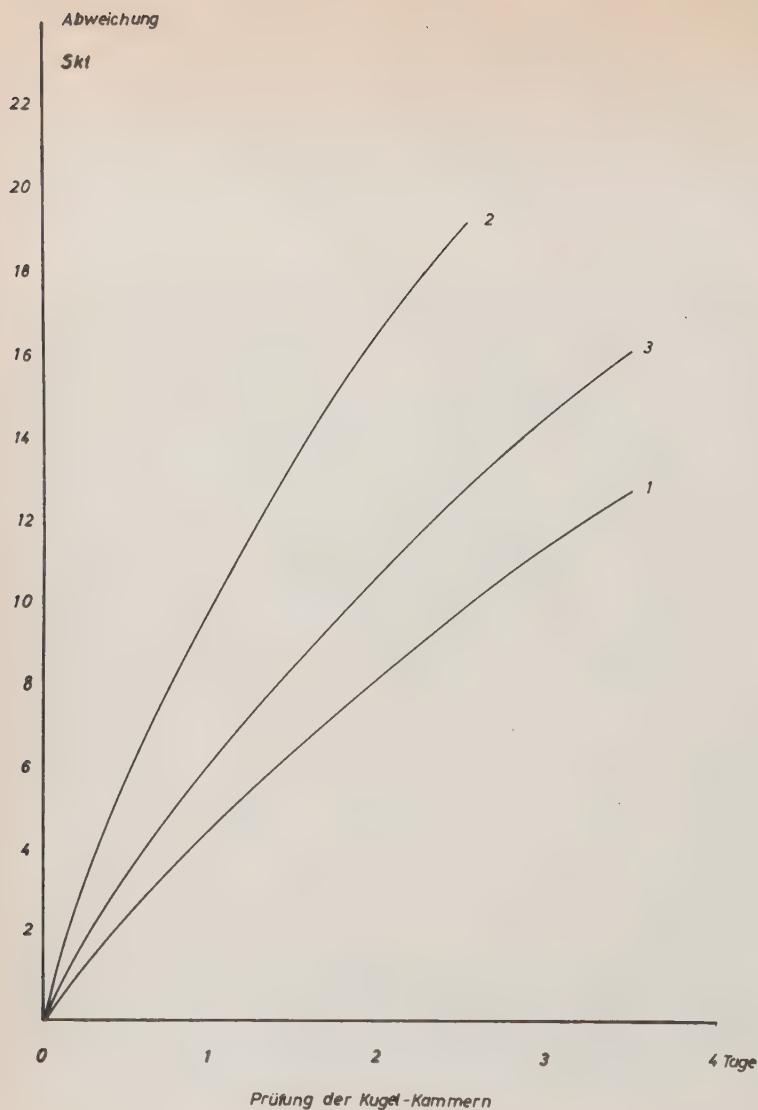


Abb. 3:

Ladungsverlust der verwendeten Kugelkammern in Abhängigkeit von der Zeit

Anschließend wurden die Kammern an einem Therapiegerät der Firma Siemens Reiniger-Werke mit Hilfe eines Siemens Universaldosimeters in Verbindung mit einer Fingerhutkammer geeicht. Als weiterer Substandard wurde das Brindi-Elektrometer Modell 37 A benutzt. Die Ergebnisse der Eichmessungen sind in den Abbildungen 4–7 dargestellt.

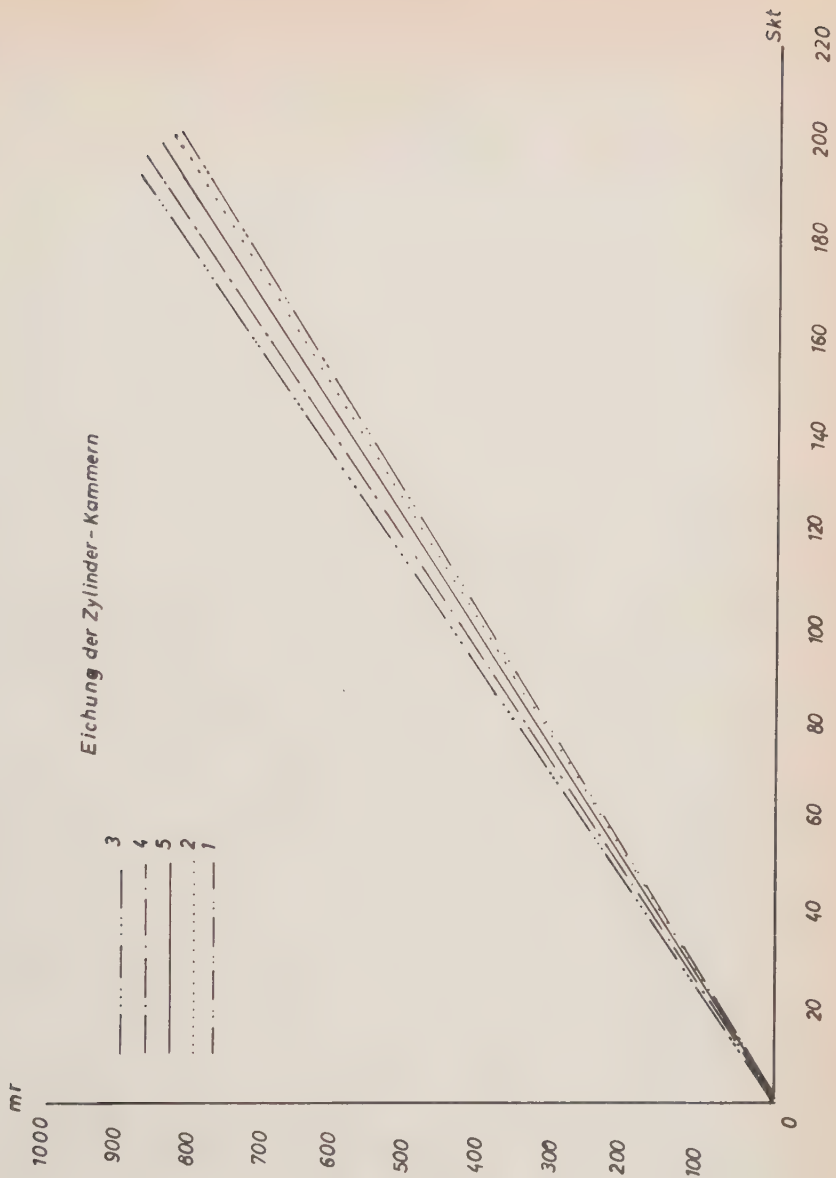


Abb. 4: Eichkurven für verschiedene Zylinderkammern

Der im Prospekt der Firma PTW angegebene Wert von 0,04 r/Skalenteil für Zylinderkammern wurde im Rahmen des Fehlers der Meßmethode gut verifiziert.

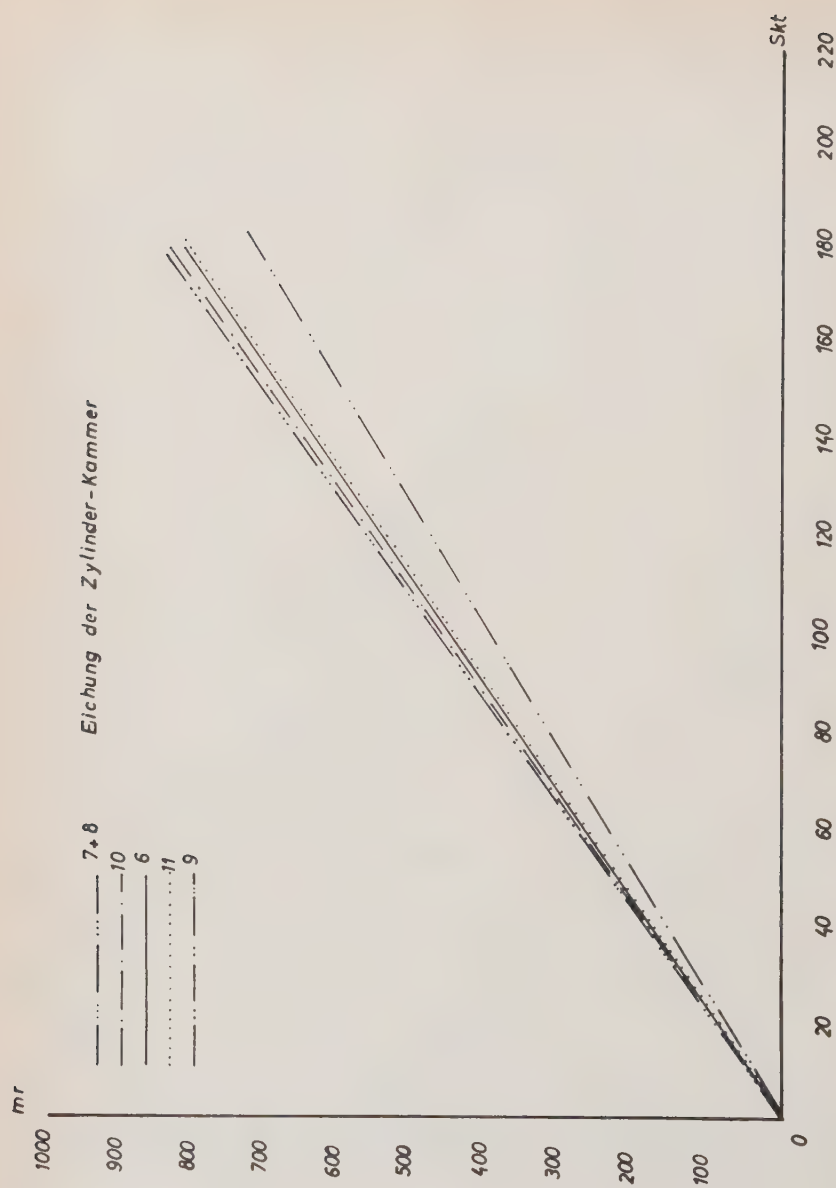


Abb. 5: Eichkurven für verschiedene Zylinderkammern

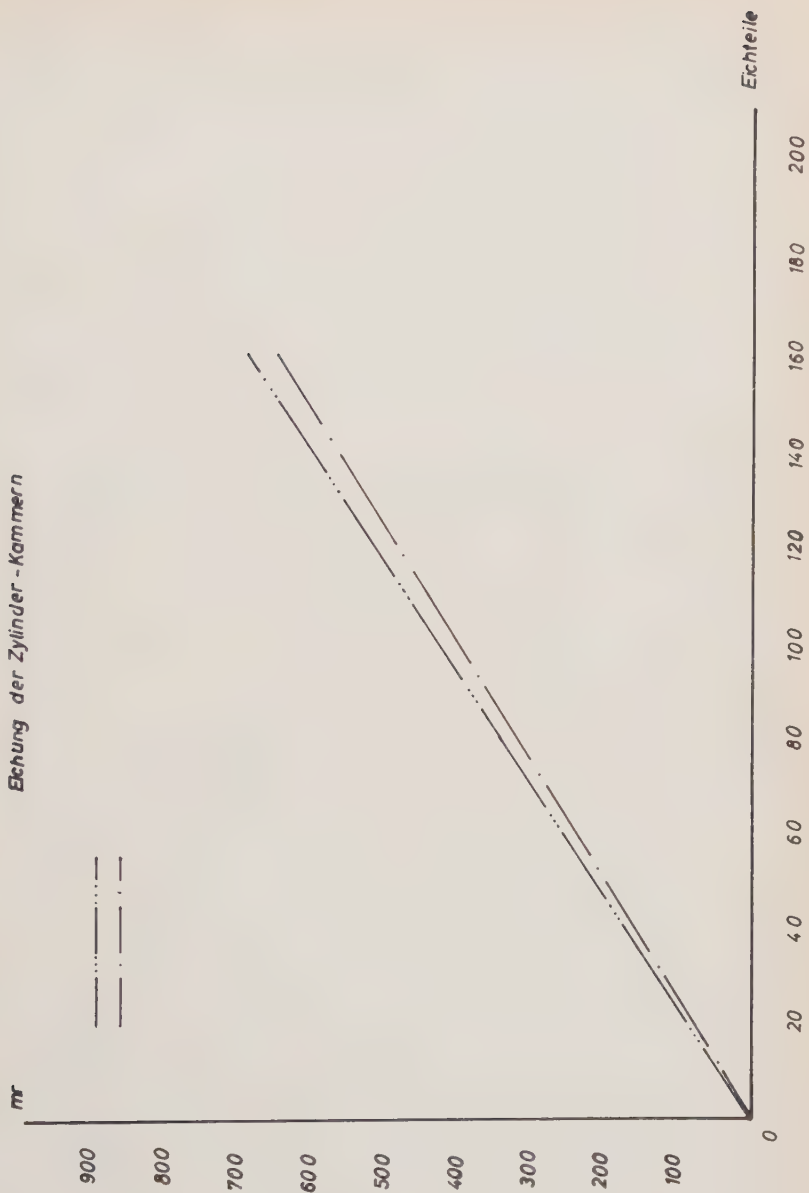


Abb. 6: Eichkurven für verschiedene Zylinderkammern

Eichung der Kugel - Kammern

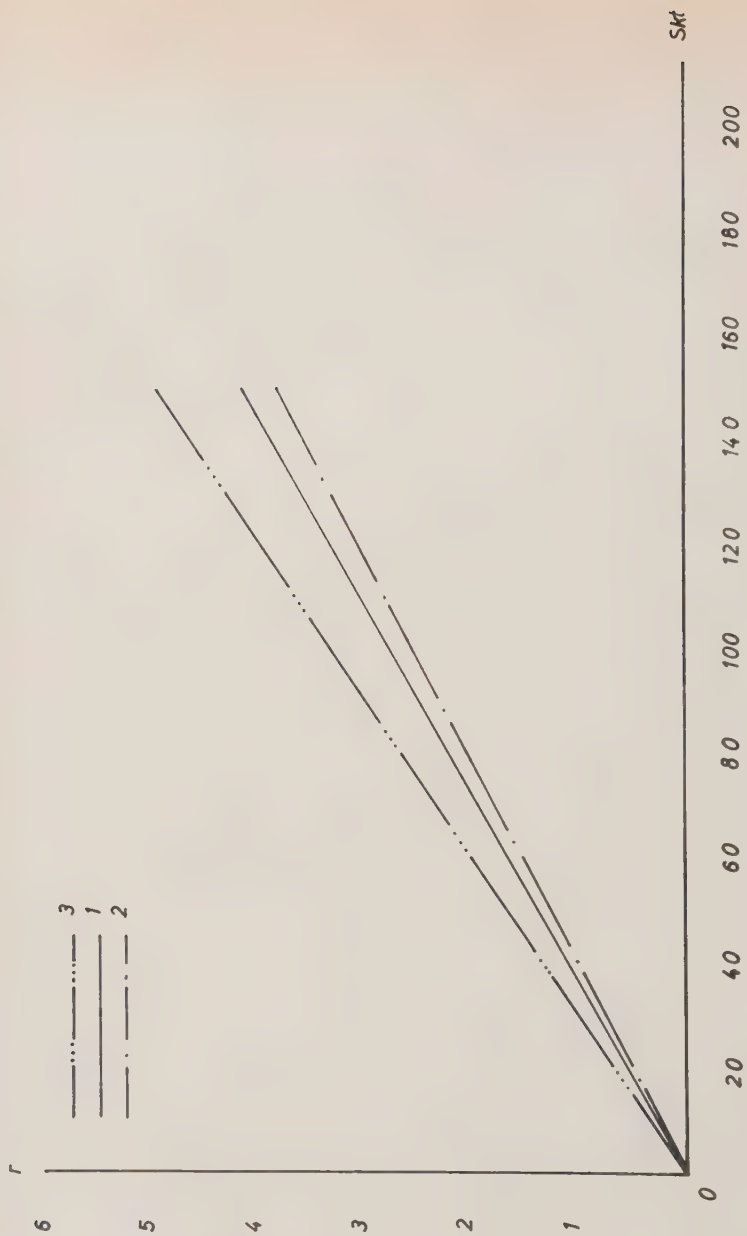


Abb. 7: Eichkurven für die Kugelkammern

2. Meßanordnung

Als Streukörper wurde ein elliptisches Wasserphantom von 47 cm Höhe und größtem und kleinstem Durchmesser von 37 und 15 cm benutzt. Das Phantom wurde so vor die Röhre eines „Siemens-Pantoskops“ plaziert, daß der Strahlenkegel etwa die Mitte der Vorderfront traf.

Um die Rückstreuung in dem Halbraum hinter dem Phantom zu erfassen, wurden sieben Punkte auf einem Halbkreis von 50 cm Radius um den Mittelpunkt des Wasserphantoms ausgewählt, die Kondensatorkammern aufnehmen sollten. Zu diesem Zweck wurde an der Decke um den auf die Decke projizierten Mittelpunkt des Wasserphantoms ein Halbkreis von 50 cm Radius geschlagen, der in Abschnitte von je 30 Grad eingeteilt wurde. An diesen Punkten wurden Fäden befestigt, an denen in Höhe der Phantommitte die Kondensatorkammern aufgehängt wurden (s. Abb. 8). Eine größere Entfernung als 50 cm konnte nicht gewählt werden, da sich der Leuchtschirm des Gerätes nicht weiter zurückziehen ließ. Zur Messung der Oberflächendosis diente die Ionisationskammer eines Brindi-Elektrometers Modell 37 A mit dem zugehörigen Meßinstrument.

Die Austrittsdosis auf der Rückseite des Phantoms wurde durch Kugel-Kondensatorkammern gemessen, die an der Mitte der Phantom-Rückseite befestigt wurden.

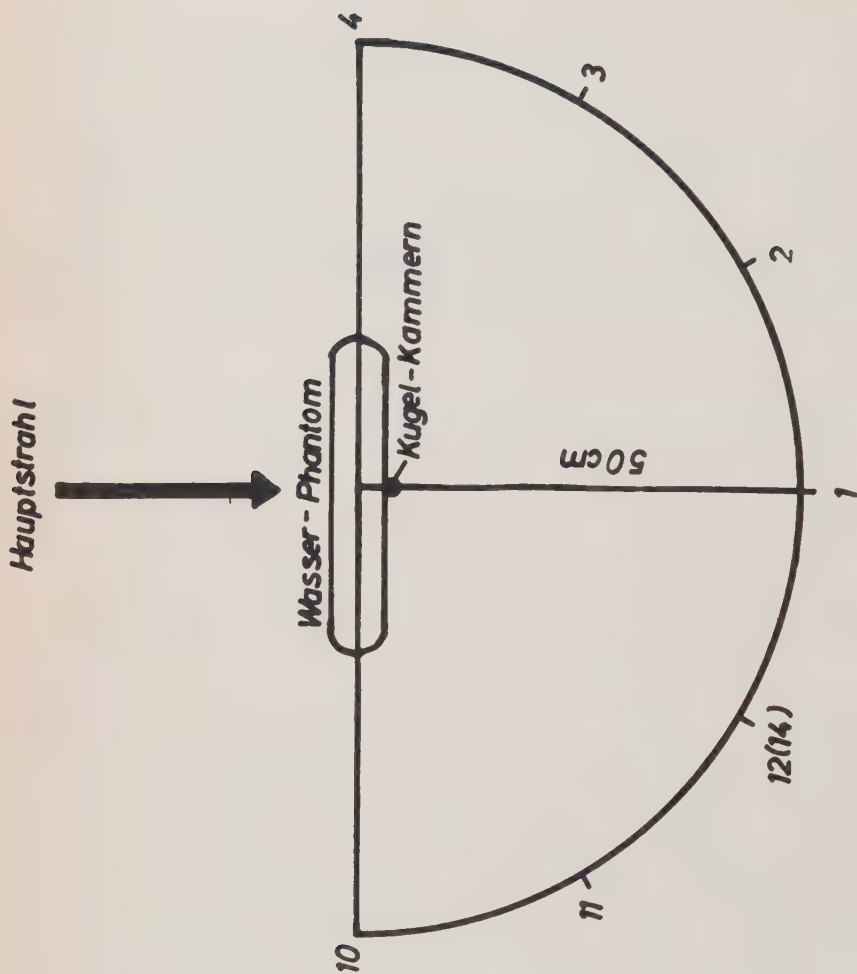


Abb. 8: Anordnung der Zylinderkammern

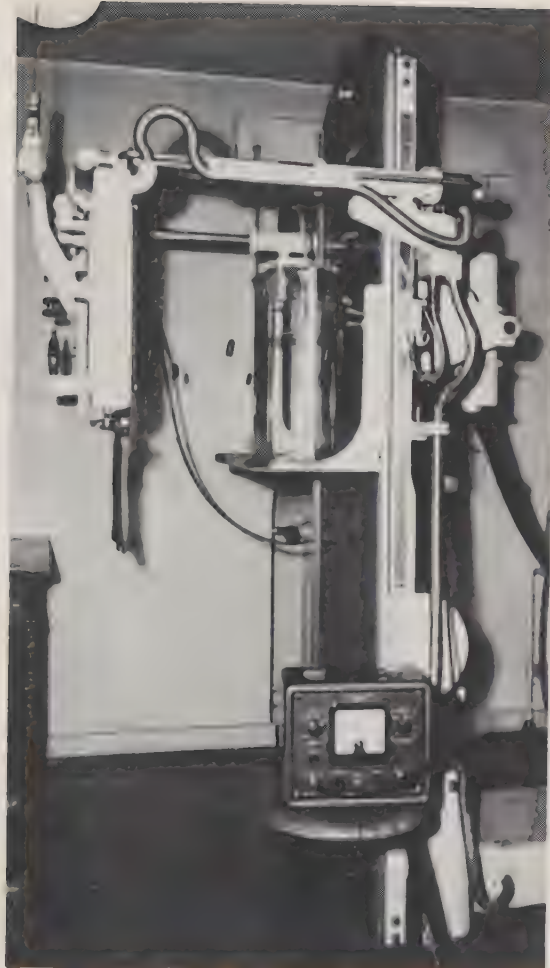


Abb. 9: Aufnahme der Versuchsanordnung

3. Meßergebnisse

Um die Abhängigkeit der Streudosis von der Energie der einfallenden Strahlung, von der Feldgröße und von der Oberflächendosis festzustellen, wurden diese Größen systematisch geändert und jeweils Oberflächendosis, Durchgangsdosis und Streudosen an den verschiedenen Meßpunkten gemessen.

Die Spannung der Röntgenröhre wurde zwischen 60 und 80 kV, die Feldgröße zwischen 10×10 und 30×30 cm², die Oberflächendosis zwischen 10 und 35 r variiert.

In den Abbildungen 10–16 ist zunächst das Ergebnis für eine Feldgröße von 30×30 cm² dargestellt. Wie man sieht, liegt die Streudosis bei den seitlich aufgehängten Kammern maximal bei etwa 10 mr für 35 r Oberflächendosis.

Lediglich die im direkten Strahlengang hängende Kammer Nr. 1 zeigt entsprechend mehr an. Die mit Hilfe der Kugelkammern gemessene Durchgangsdosis liegt bei einigen Prozent der Oberflächendosis.

Oberflächendosis
Feldgröße $30 \times 30 \text{ cm}$
60 kV

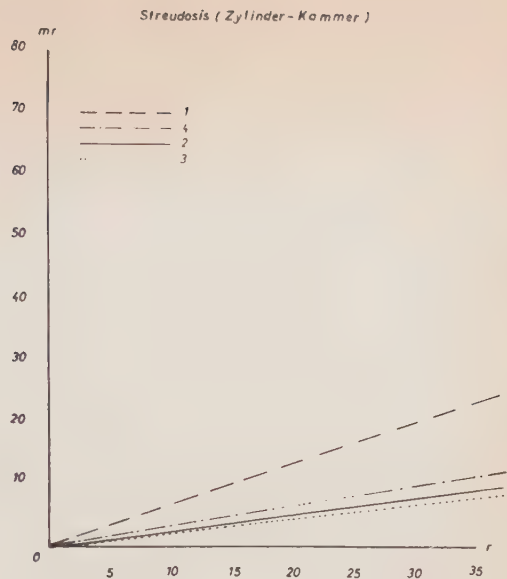


Abb. 10: Streudosen für 60 kV und $30 \times 30 \text{ cm}^2$ Feldgröße in Abhängigkeit von der Oberflächendosis

Oberflächendosis
Feldgröße $30 \times 30 \text{ cm}$
60 kV

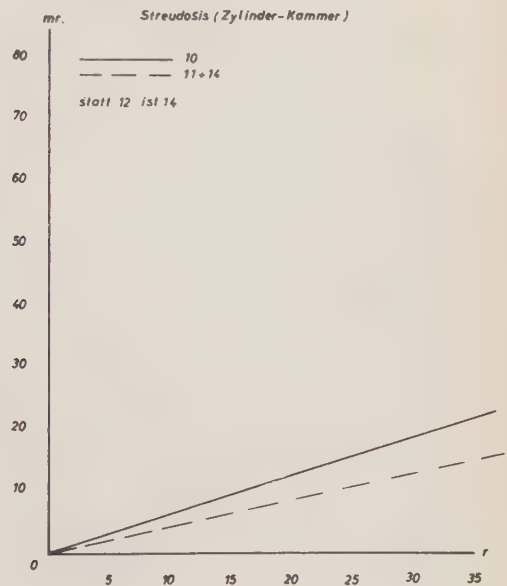


Abb. 11: Streudosen für 60 kV und $30 \times 30 \text{ cm}^2$ Feldgröße in Abhängigkeit von der Oberflächendosis

Oberflächendosis
Feldgröße $30 \times 30 \text{ cm}$
70 kV

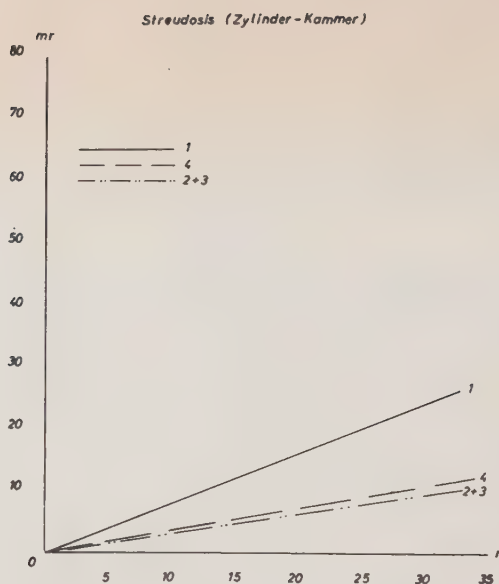


Abb. 12: Streudosen für 70 kV und $30 \times 30 \text{ cm}^2$ Feldgröße in Abhängigkeit von der Oberflächendosis

Oberflächendosis
Feldgröße $30 \times 30 \text{ cm}$
70 kV

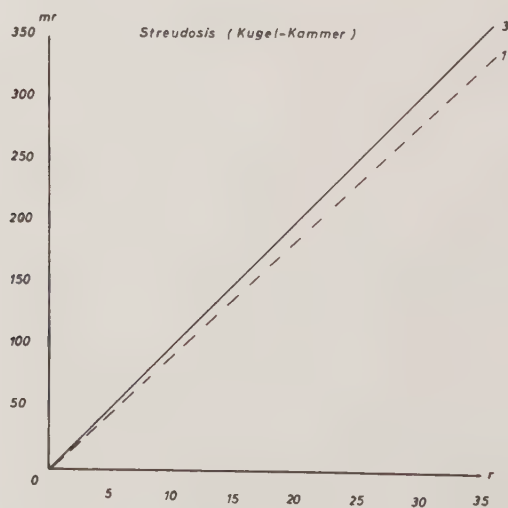


Abb. 13: Durchgangsdosis für 70 kV und $30 \times 30 \text{ cm}^2$ Feldgröße in Abhängigkeit von der Oberflächendosis

Streudosis

Oberflächendosis
Feldgröße $30 \times 30 \text{ cm}$
80 kV

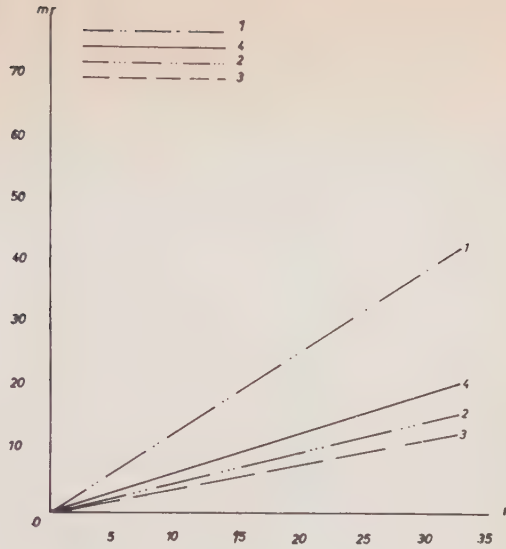


Abb. 14: Streudosen für 80 kV und $30 \times 30 \text{ cm}^2$ Feldgröße in Abhängigkeit von der Oberflächendosis

Streudosis

Oberflächendosis
Feldgröße $30 \times 30 \text{ cm}$
80 kV

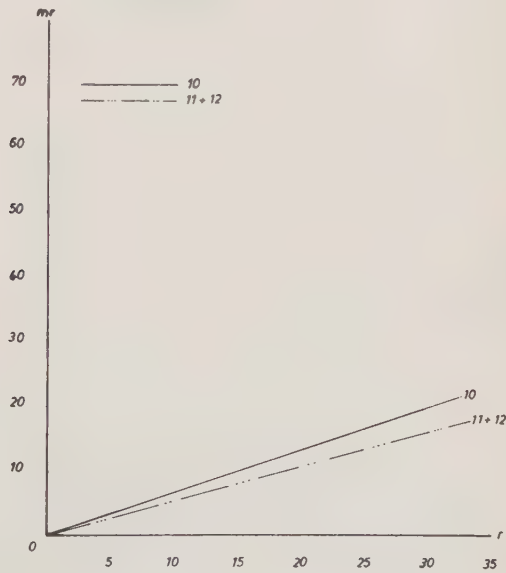


Abb. 15: Streudosen für 80 kV und $30 \times 30 \text{ cm}^2$ Feldgröße in Abhängigkeit von der Oberflächendosis

Oberflächendosis
Feldgröße $30 \times 30 \text{ cm}$
80 kV

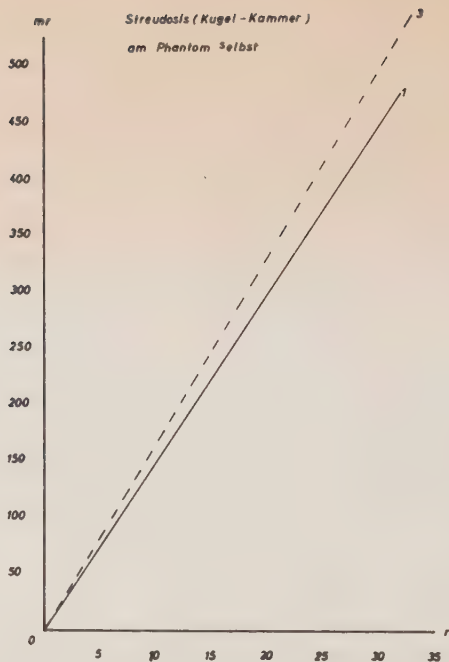


Abb. 16: Durchgangsdosis für 80 kV und $30 \times 30 \text{ cm}^2$ Feldgröße in Abhängigkeit von der Oberflächendosis

Es folgen in den Abbildungen 17–23 die Ergebnisse für $20 \times 20 \text{ cm}^2$

Oberflächendosis
Feldgröße $20 \times 20 \text{ cm}$
60 kV

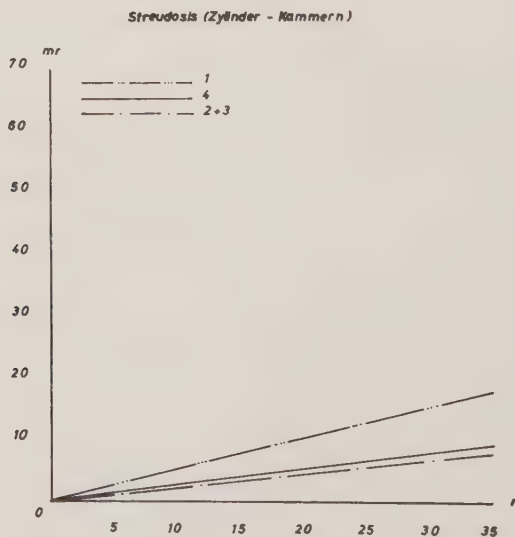


Abb. 17: Streudosen für 60 kV und $20 \times 20 \text{ cm}^2$ Feldgröße in Abhängigkeit von der Oberflächendosis

Oberflächendosis
Feldgröße $20 \times 20 \text{ cm}$
60 kV

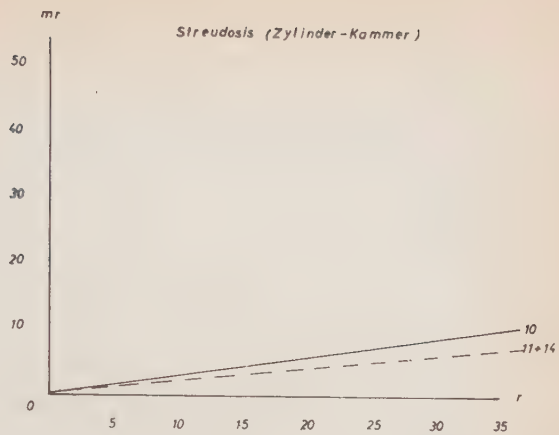


Abb. 18: Streudosen für 60 kV und $20 \times 20 \text{ cm}^2$ Feldgröße in Abhängigkeit von der Oberflächendosis

Oberflächendosis
Feldgröße $20 \times 20 \text{ cm}$
70 kV

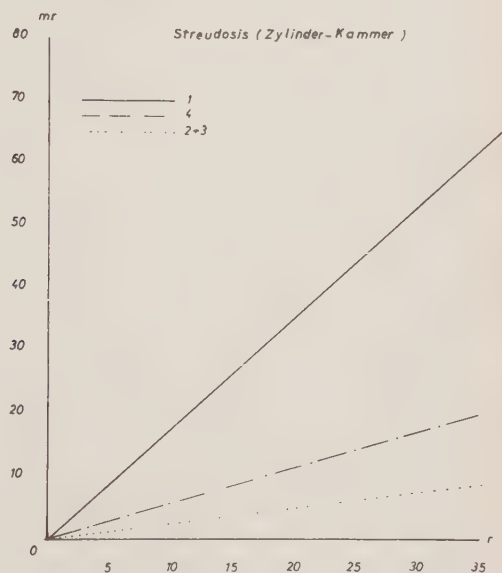


Abb. 19: Streudosen für 70 kV und $20 \times 20 \text{ cm}^2$ Feldgröße in Abhängigkeit von der Oberflächendosis

Oberflächendosis
Feldgröße 20×20 cm
70 kV

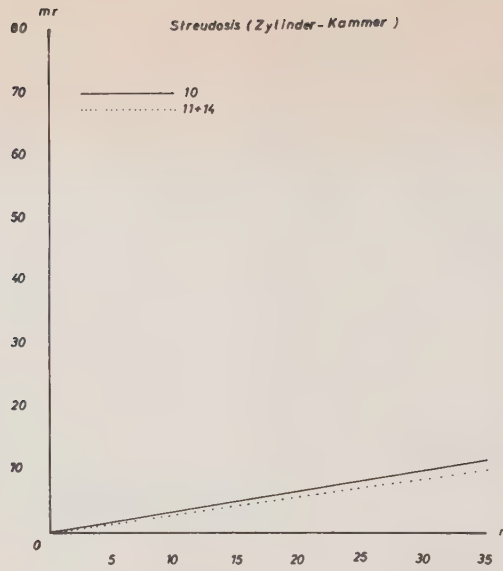


Abb. 20: Streudosen für 70 kV und 20×20 cm² Feldgröße in Abhängigkeit von der Oberflächendosis

Oberflächendosis
Feldgröße 20×20 cm
70 kV

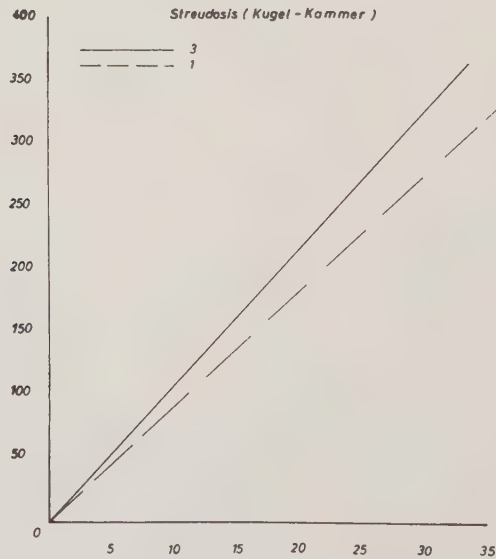


Abb. 21: Durchgangsdosis für 70 kV und 20×20 cm² Feldgröße in Abhängigkeit von der Oberflächendosis

Oberflächendosis
Feldgröße 20×20 cm
80 kV

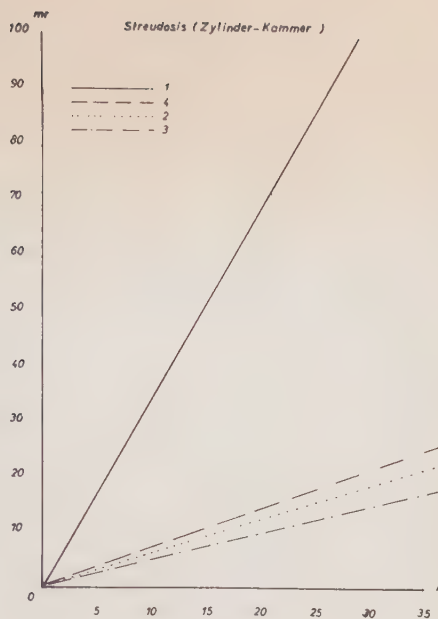


Abb. 22: Streudosen für 80 kV und 20×20 cm² Feldgröße in Abhängigkeit von der Oberflächendosis

Oberflächendosis
Feldgröße 20×20 cm
80 kV

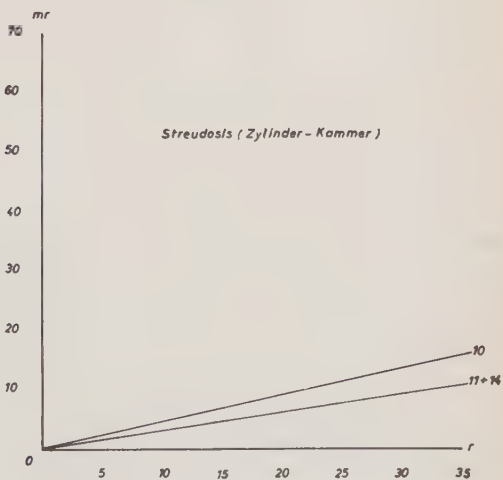


Abb. 23: Streudosen für 80 kV und 20×20 cm² Feldgröße in Abhängigkeit von der Oberflächendosis

Abb. 24 bis 27 zeigen die Ergebnisse für die Feldgröße $10 \times 10 \text{ cm}^2$

Oberflächendosis
Feldgröße $10 \times 10 \text{ cm}$
70 kV

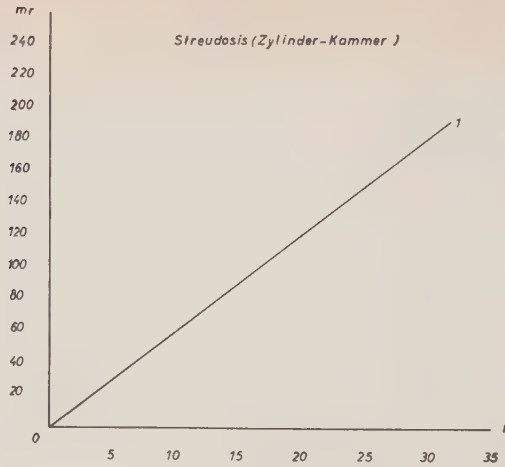


Abb. 24: Streudosis für 70 kV und $10 \times 10 \text{ cm}^2$ Feldgröße in Abhängigkeit von der Oberflächendosis

Oberflächendosis
Feldgröße $10 \times 10 \text{ cm}$
70 kV

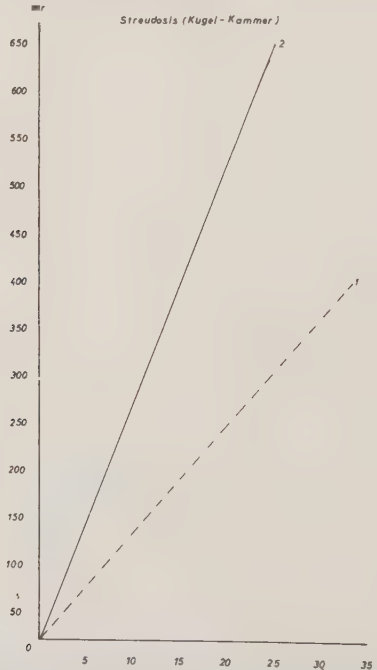


Abb. 25: Durchgangsdosen für 70 kV und $10 \times 10 \text{ cm}^2$ Feldgröße in Abhängigkeit von der Oberflächendosis

Oberflächendosis
Feldgröße $10 \times 10 \text{ cm}$
80 kV

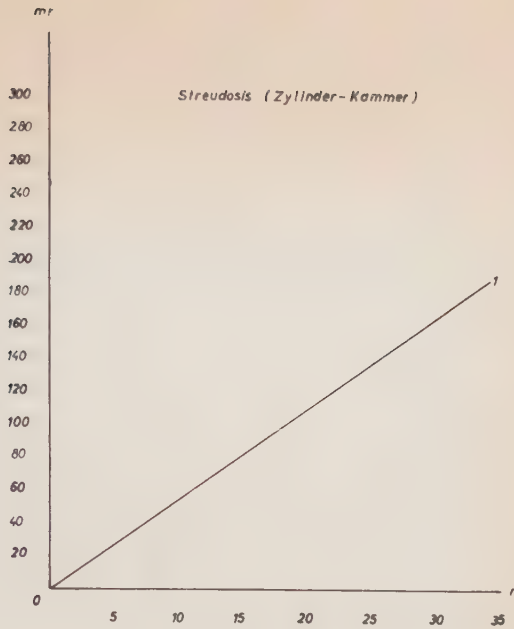


Abb. 26: Streudosen für 80 kV und $10 \times 10 \text{ cm}^2$ Feldgröße in Abhängigkeit von der Oberflächendosis

Oberflächendosis
Feldgröße $10 \times 10 \text{ cm}$
80 kV

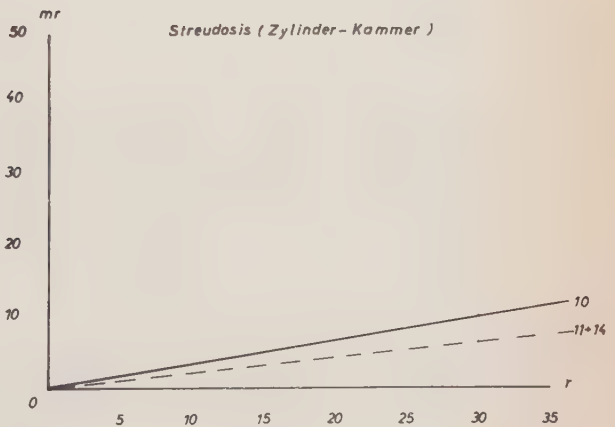


Abb. 27: Streudosen für 80 kV und $10 \times 10 \text{ cm}^2$ Feldgröße in Abhängigkeit von der Oberflächendosis

Anschließend wurde aus Vergleichsgründen eine Abänderung der Versuchsanordnung vorgenommen. Die Zylinderkammern wurden nunmehr direkt am Phantomkörper befestigt, um die austretende Streustrahlung zu messen. In Abbildung 28 ist die Anordnung der Kammern zu sehen.

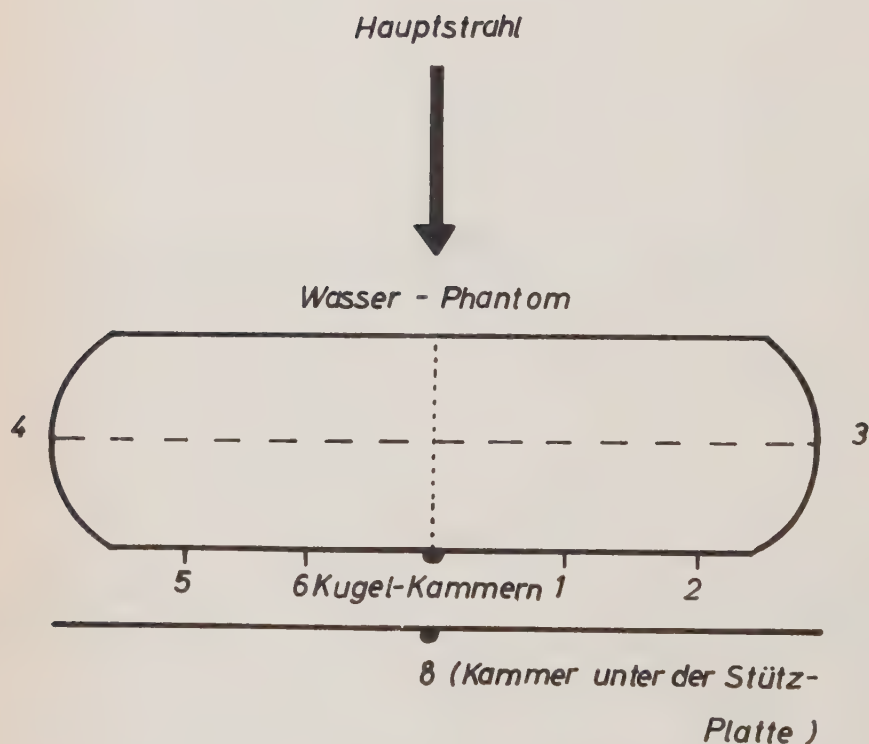


Abb. 28: Anordnung der Meßkammern in der abgeänderten Meßanordnung

Die Ergebnisse der Messungen sind in den Abb. 29 bis 34 dargestellt.

Oberflächendosis
Feldgröße $30 \times 30 \text{ cm}$
80 kV

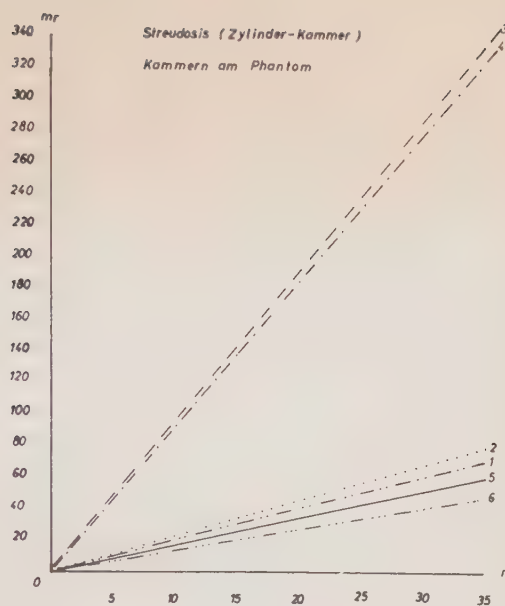


Abb. 29: Streudosen für 80 kV und $30 \times 30 \text{ cm}^2$ Feldgröße in Abhängigkeit von der Oberflächendosis (2. Meßanordnung)

Oberflächendosis
Feldgröße $30 \times 30 \text{ cm}$
70 kV

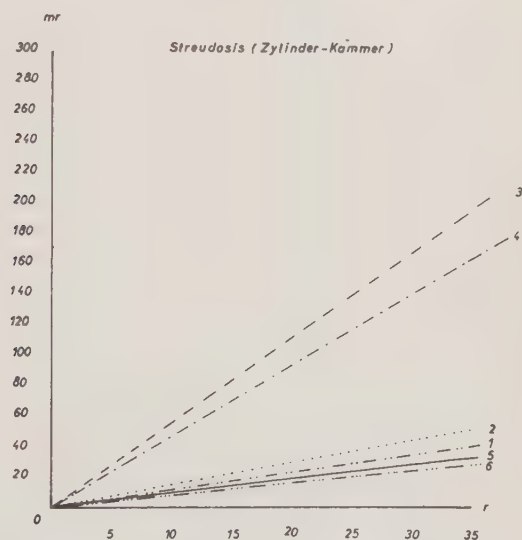


Abb. 30: Streudosen für 70 kV und $30 \times 30 \text{ cm}^2$ Feldgröße in Abhängigkeit von der Oberflächendosis (2. Meßanordnung)

Oberflächendosis
Feldgröße $30 \times 30 \text{ cm}$
60 kV

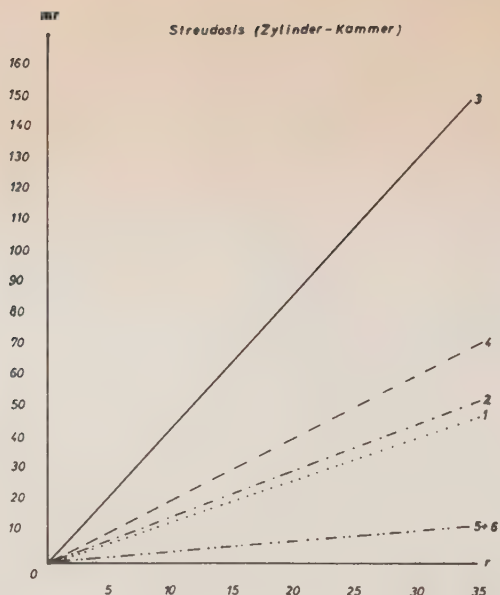


Abb. 31: Streudosen für 60 kV und $30 \times 30 \text{ cm}^2$ Feldgröße in Abhängigkeit von der Oberflächendosis (2. Meßanordnung)

Oberflächendosis
Feldgröße $20 \times 20 \text{ cm}$
80 kV

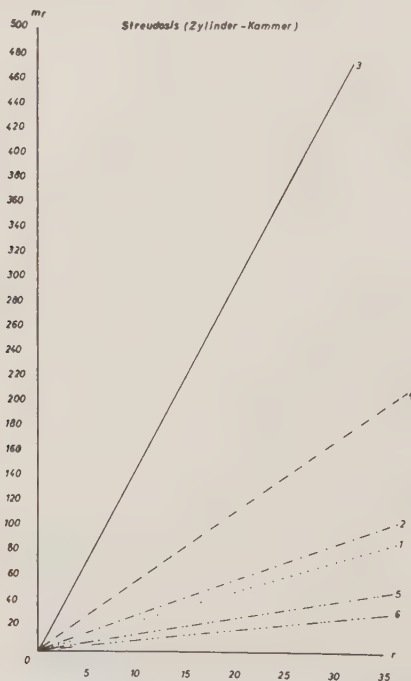


Abb. 32: Streudosen für 80 kV und $20 \times 20 \text{ cm}^2$ Feldgröße in Abhängigkeit von der Oberflächendosis (2. Meßanordnung)

Oberflächendosis
Feldgröße $20 \times 20 \text{ cm}$
70 kV

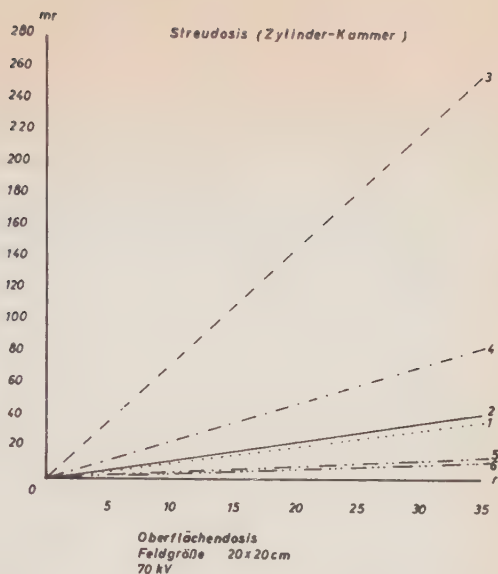


Abb. 33: Streudosen für 70 kV und $20 \times 20 \text{ cm}^2$ Feldgröße in Abhängigkeit von der Oberflächendosis (2. Meßanordnung)

Oberflächendosis
Feldgröße $20 \times 20 \text{ cm}$
60 kV

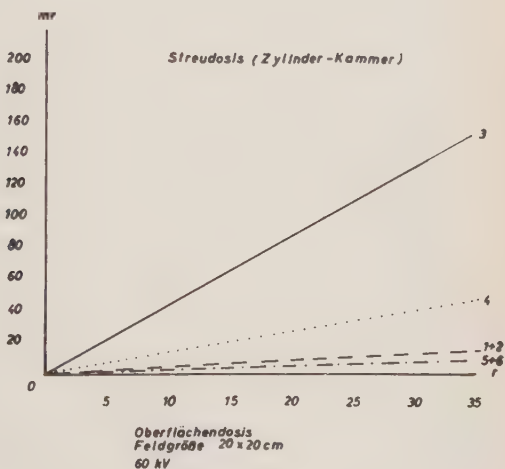


Abb. 34: Streudosen für 60 kV und $20 \times 20 \text{ cm}^2$ Feldgröße in Abhängigkeit von der Oberflächendosis (2. Meßanordnung)

Eine Zusammenfassung der Meßergebnisse zeigt, daß die Durchgangsdosis von 0,5 Prozent für 60 kV bis auf 2 Prozent für 80 kV, unabhängig von der Feldgröße, zunimmt.

Um eine angenäherte Bestimmung der in den rückwärtigen Halbraum gestreuten Energie zu erhalten, kann man für die Oberflächendosis und die Streudosen das Produkt Dosis mal Einfallfläche bilden und beide vergleichen. Man erhält beide Werte in $r \cdot \text{cm}^2$. Natürlich besitzt die gestreute Strahlung nicht die gleiche Energie wie die einfallende. Bei Gleichsetzung beider Werte erhält man aber zumindest eine genäherte Vergleichsmöglichkeit. Die Energie der austretenden Strahlung konnte nicht direkt bestimmt werden.

Bildet man diese Produkte, so ergibt sich, daß zwischen 2 und 15 Prozent der einfallenden Energie in den hinter dem Phantom gelegenen Halbraum gestreut werden. Aus dem oben Gesagten ergibt sich, daß dies nur eine grobe Näherung darstellt.

Zu dieser gestreuten Strahlung kommt dann die nach der Primärstrahlseite hin gestreute Energie hinzu, die jedoch infolge der Bauart der vorliegenden Röntgen-Apparatur nicht gemessen werden konnte. Nimmt man an, daß die Streuung in der gleichen Größenordnung liegt, wie auf der anderen Seite, so zeigt sich, daß bis zu 40 Prozent der einfallenden Energie als Streustrahlung wieder austritt. Dies entspricht zwar nicht den hohen Werten wie sie von Z i e r (12) angegeben werden, liegt aber oberhalb der Angaben, die früher der Berechnung von Integraldosiswerten zugrunde gelegt wurden.

Zusammenfassung

An einem Wasserphantom wurden mit Hilfe von Kondensatorkammern Messungen der bei verschiedenen Spannungen und Feldgrößen im Halbraum hinter dem Phantom erzeugten Streudosen vorgenommen. Gleichzeitig wurde auch jedesmal die Durchgangsdosis bestimmt. Es zeigte sich, daß die Durchgangsdosis höchstens 1 bis 2 Prozent der Oberflächendosis beträgt.

Um eine Abschätzung der in den rückwärtigen Halbraum gestreuten Energie zu erhalten, wurden für die Oberflächendosis und die Streudosen jeweils die Produkte aus Dosis und Einfallfläche (in $r \cdot \text{cm}^2$) gebildet und die Werte verglichen. Es zeigte sich, daß angenähert zwischen 2 und 15 Prozent der einfallenden Energie in den rückwärtigen Halbraum hinter dem Phantom gestreut werden. Rechnet man für die in den vorderen Halbraum gestreute Energie etwa mit der gleichen Größenordnung, so ergibt sich, daß etwa bis zu 30 bis 40 Prozent der einfallenden Energie als Streustrahlung das Phantom wieder verläßt.

Das ist jedenfalls erheblich mehr als früher bei Berechnungen der Integraldosis zugrundegelegt wurde.

Literatur

Day, F. H., Tayler, L. S.:

Radiology **52** (1949): S. 239

Feddema, J., Oosterkamp, W. J.:

In Modern Trends in Diagnostic Radiology, Butterworth, London 1953, S. 35—42

Frohmeier, G., Glocker, R.:

Fortschr. Röntgenstr. **82** (1955): S. 686

Goldman, S., Lorenz, W., Wolf, R.:

Fortschr. Röntgenstr. **93** (1960): S. 269

Gradstein, G. W.:

National Bureau of Standards Circular (1957): 583

Neboschew, A., Schott, O.:

Röntgen-Bl. XII (1959): S. 244

Schaal, A.:

Fortschr. Röntgenstr. **88** (1958): S. 475

Spiegler, G., Keane, B. E.:

Brit. J. Radiol. **28** (1955): S. 140

Wachsmann, F., Dimotsis, A.:

Kurven und Tabellen für die Strahlentherapie; Stuttgart 1957, S. 110

Zieler, E.:

Fortschr. Röntgenstr. **92** (1960): S. 211

Zieler, E.:

Fortschr. Röntgenstr. **94** (1960): S. 248

Report of the International Commission of Radiological Units and Measurements,
Washington 1956, S. 16

An dieser Stelle möchte ich

Herrn Professor Dr. med. L. Diethelm

meinen herzlichen Dank aussprechen für die Anregung zu dieser Arbeit und für die freundliche Überlassung des Arbeitsplatzes an seinem Institut.

Ebenfalls gilt mein Dank

Herrn Dipl.-Phys. Dr. R. Wolf

für seine stete Hilfsbereitschaft.

Lebenslauf

Ich, der Unterzeichnete, Daoud Mustafa, bin geboren am 2. März 1937 in Lifta, Jordanien, als Sohn des Ismail Mustafa und seiner Ehefrau Raschida.

Ich habe 6 Jahre die Volksschule in Lifta und Ramalla besucht. In meinem 13. Lebensjahr trat ich in die „Secondary School“ ein, in der ich auch 1955 das Jordanische Abitur bestand. Im darauffolgenden Jahr ging ich in Kairo in die Naharia-Schule, in der ich das ägyptische Reifezeugnis erhielt.

Am 10. Oktober 1956 kam ich nach Deutschland und studiere seitdem Medizin. Im Oktober 1959 habe ich das Physikum mit der Note „gut“ an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz bestanden. Ich setzte dort mein Studium fort bis zum medizinischen Staatsexamen im Jahre 1963, das ich am 21. 3. 1963 mit der Note „gut“ ablegte.

